

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
15 juillet 2004 (15.07.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/059222 A1

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : F25B 21/00

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : KITANOVSKI, Andrej [SI/CH]; Route de Cheseaux 1, CH-1400 Yverdon-Les-Bains (CH). EGOLE, Peter, Williams [CH/CH]; Alle Wildeggstrasse 5, CH-5702 Niederlenz (CH). SARI, Osmann [DZ/CH]; Route du Chasseur 42, CH-1008 Prilly (CH).

PCT/CH2003/000848

(22) Date de dépôt international :

24 décembre 2003 (24.12.2003)

(25) Langue de dépôt :

français

(74) Mandataire : NITHARDT, Roland; Cabinet Roland Nithardt, Conseils en Propriété Industrielle S.A., Y-Parc / Rue Galilée 9, CH-1400 Yverdon-les-Bains (CH).

(30) Données relatives à la priorité :

2212/02 24 décembre 2002 (24.12.2002) CH

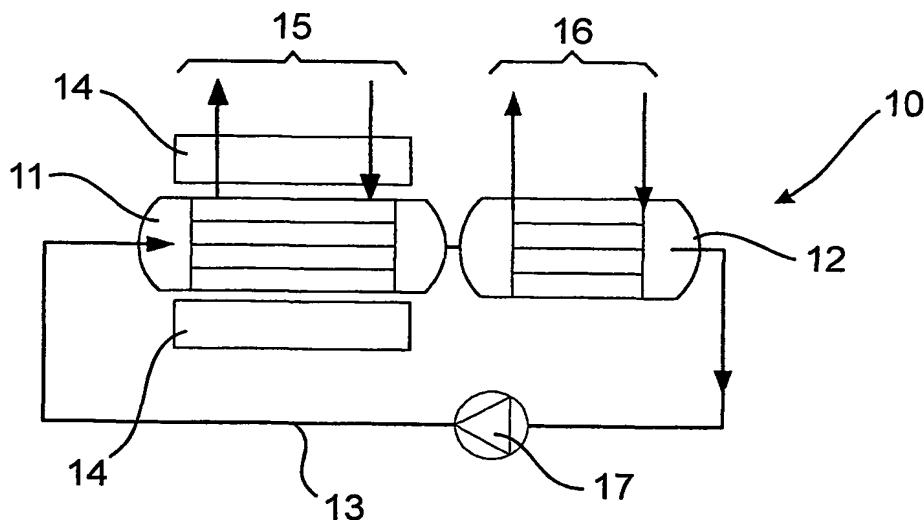
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ECOLE D'INGENIEURS DU CANTON DE VAUD [CH/CH]; Route de Cheseaux 1, CH-1400 Yverdon-Les-Bains (CH).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE GENERATION OF COLD AND HEAT BY MAGNETO-CALORIFIC EFFECT

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE GENERATION DE FROID ET DE CHALEUR PAR EFFET MAGNETO-CALORIQUE



(57) Abstract: The device (10), for the continuous generation of cold and heat by magneto-calorific effect, comprises a mixture of a heat exchange fluid and particles made from at least one magneto-calorific material, superconductor or phase-change material circulating through a first heat exchanger (11) subject to a magnetic field generated by magnetic means (14), associated with said first heat exchanger (11). On passing into the generated magnetic field, said particles undergo an increase in temperature and heat the mixture in the first heat exchanger (11) and on leaving the magnetic field, said particles undergo a reduction in temperature to cool a mixture entering a second heat exchanger (12). A cold circuit (16) extracts the cold from the second heat exchanger (12) and a hot circuit (15) extracts the heat from the first heat exchanger (11).

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/059222 A1



SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés (régional) :** brevet européen (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

**Publiée :**

— *avec rapport de recherche internationale*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

(57) **Abrégé :** Le dispositif (10) pour générer en continu du froid et de la chaleur par effet magnétique comporte un mélange d'un fluide caloporteur et de particules constituées d'au moins un matériau magnéto-calorique, supraconducteur ou à changement de phase circulant à travers un premier échangeur de chaleur (11) soumis à un champ magnétique généré par des moyens magnétiques (14) associés à ce premier échangeur de chaleur (11). Lorsque les particules passent dans le champ magnétique généré, elles subissent une élévation de température en chauffant le mélange du premier échangeur de chaleur (11) et lorsqu'elles quittent le champ magnétique, ces particules subissent un refroidissement pour refroidir le mélange qui entre dans un deuxième échangeur de chaleur (12). Un circuit froid (16) extrait le froid du deuxième échangeur de chaleur (12) et un circuit chaud (15) extrait la chaleur du premier échangeur de chaleur (11).

## PROCEDE ET DISPOSITIF DE GENERATION DE FROID ET DE CHALEUR PAR EFFET MAGNETO-CALORIQUE

### Domaine technique

5 La présente invention concerne un procédé de génération de froid et de chaleur par effet magnéto-calorique à travers au moins un échangeur de chaleur.

10 Elle concerne également un dispositif pour la génération de froid et de chaleur par effet magnéto-calorique comportant au moins un échangeur de chaleur.

### Technique antérieure

15 Les dispositifs conventionnels de génération du froid comportent habituellement un compresseur pour comprimer un fluide réfrigérant afin d'élèver sa température et des moyens de détente pour décompresser ce fluide réfrigérant afin de le refroidir. Il se trouve que les réfrigérants couramment utilisés sont extrêmement polluants et leur utilisation comporte des risques de pollution atmosphérique importants. De ce fait, ces réfrigérants 20 ne répondent plus aux exigences actuelles en matière de protection environnementale.

25 On connaît déjà des dispositifs utilisant l'effet magnéto-calorique pour générer du froid. En particulier le brevet américain n° US 4.674.288 décrit un dispositif de liquéfaction de l'hélium comprenant une substance magnétisable mobile dans un champ magnétique généré par une bobine et un réservoir contenant de l'hélium et en conduction thermique avec ladite bobine. Le mouvement de translation de la substance magnétisable génère du froid qui est transmis à l'hélium par l'intermédiaire d'éléments conducteurs.

30

La publication française FR-A-2 525 748 a pour objet un dispositif de réfrigération magnétique comprenant une matière magnétisable, un système

de génération d'un champ magnétique variable et des moyens de transfert de la chaleur et du froid comportant une chambre remplie d'un réfrigérant liquide saturé. La matière magnétisable génère du froid dans une position dans laquelle les moyens de transfert de froid extraient le froid de la matière

5 magnétisable par condensation d'un réfrigérant, et la matière magnétisable génère de la chaleur dans une autre position dans laquelle les moyens de transfert de chaleur extraient la chaleur de la matière magnétisable par ébullition d'un autre réfrigérant.

10 La publication française FR-A-2 586 793 concerne un dispositif comportant une substance destinée à produire de la chaleur lorsqu'elle se magnétise et à produire du froid lorsqu'elle se démagnétise, un moyen de génération d'un champ magnétique variable, ledit moyen générateur de champ magnétique comportant une bobine supraconductrice et un réservoir contenant un

15 élément à refroidir.

Le brevet américain US 5,231,834 comporte un dispositif de chauffage et de refroidissement par effet magnétique dans lequel un fluide magnétique est pompé à travers le système. Le fluide traverse un champ magnétique généré

20 par des aimants supraconducteurs ou autres. Lorsque le fluide pénètre dans le champ magnétique il est échauffé en raison de la magnétisation.

L'efficacité de tels systèmes est extrêmement faible et ils ne peuvent pas s'appliquer à des utilisations domestiques. De ce fait, ces systèmes ne

25 peuvent concurrencer les systèmes de réfrigération actuels.

#### Exposé de l'invention

La présente invention se propose de pallier les inconvénients des systèmes connus en offrant un procédé et un dispositif de refroidissement qui n'utilisent

30 pas de fluides réfrigérants polluants et qui ne présentent donc pas les inconvénients des systèmes antérieurs.

Ce but est atteint par le procédé tel que défini en préambule et caractérisé en ce que l'on fait circuler un mélange d'un fluide porteur contenant des particules constituées d'au moins un matériau magnéto-calorique, ou un matériau à changement de phase, ou un matériau supraconducteur ou un mélange de tels matériaux, dans un circuit principal constitué d'un premier échangeur de chaleur et d'un deuxième échangeur de chaleur connectés en série, en ce que l'on génère un champ magnétique dans ledit premier échangeur de chaleur par des moyens magnétiques associés à ce premier échangeur de chaleur, en ce que l'on maintient le deuxième échangeur de chaleur hors dudit champ magnétique afin que lesdites particules subissent une élévation de température lorsqu'elles passent dans le champ magnétique et qu'elles subissent un refroidissement lorsqu'elles quittent le champ magnétique, en ce que l'on extrait de la chaleur dudit premier échangeur de chaleur au moyen d'un circuit chaud, et en ce que l'on extrait du froid dudit deuxième échangeur de chaleur au moyen d'un circuit froid.

De façon avantageuse, ledit fluide porteur peut être à l'état liquide ou à l'état gazeux.

20 Selon une première variante préférée du procédé selon l'invention, ledit fluide porteur est un liquide caloporeur.

Selon une deuxième variante du procédé selon l'invention, ledit fluide porteur est un nano-fluide.

25 Selon une autre variante du procédé de l'invention, ledit fluide porteur est une suspension.

Ledit fluide porteur peut également être un fluide du type multifonctionnel.

30 D'une manière particulièrement avantageuse, lesdites particules d'un matériau magnéto-calorique sont constituées d'un seul et même matériau.

Lesdites particules ont de préférence une forme sensiblement sphérique et des dimensions moyennes comprises entre 10 µm et 1000 µm.

5 D'une façon intéressante, lesdites particules peuvent avoir des formes et des dimensions différentes.

Pour disposer d'un procédé dont l'efficacité est optimale, l'on isole le deuxième échangeur de chaleur du champ magnétique généré dans le 10 premier échangeur de chaleur.

De façon particulièrement avantageuse, l'on fait circuler le mélange du circuit principal et le fluide du circuit chaud et/ou du circuit froid dans des sens contraires, respectivement à travers ledit premier et ledit deuxième échangeur 15 de chaleur.

Selon une autre forme de réalisation avantageuse, l'on fait circuler un mélange d'un fluide caloporteur et de particules constituées d'au moins un matériau supraconducteur dans un circuit principal constitué par un premier 20 échangeur de chaleur connecté à un deuxième échangeur de chaleur, l'on génère un champ magnétique dans ledit premier échangeur de chaleur par des moyens magnétiques associés à ce premier échangeur de chaleur, l'on fait circuler ledit mélange dans le deuxième échangeur de chaleur situé hors dudit champ magnétique, afin que les particules de matériau supraconducteur 25 subissent une élévation de température lorsqu'elles passent dans le champ magnétique pour chauffer ledit mélange dans ledit premier échangeur de chaleur et qu'elles subissent un refroidissement lorsqu'elles quittent le champ magnétique pour refroidir ledit mélange dans ledit deuxième échangeur de chaleur, en ce que l'on extrait de la chaleur dudit premier échangeur de 30 chaleur au moyen d'au moins un circuit chaud, et en ce que l'on extrait du froid dudit deuxième échangeur de chaleur au moyen d'au moins un circuit froid.

Ce but est également atteint par le dispositif tel que défini en préambule et caractérisé en ce qu'il comporte :

- un circuit principal constitué d'un premier échangeur de chaleur et d'un deuxième échangeur de chaleur, connectés en série, dans lequel circule un mélange d'un fluide porteur contenant des particules constituées d'au moins un matériau magnéto-calorique, ou un matériau à changement de phase, ou un matériau supraconducteur ou un mélange de tels matériaux,
- des moyens magnétiques agencés pour générer un champ magnétique dans ledit premier échangeur de chaleur afin que les particules subissent une élévation de température lorsqu'elles passent dans ledit champ magnétique et qu'elles subissent un refroidissement lorsqu'elles quittent ce champ magnétique,
- un circuit froid connecté audit premier échangeur de chaleur, et
- au moins un circuit froid connecté audit deuxième échangeur de chaleur.

Selon un mode de réalisation avantageux, lesdits moyens magnétiques comportent des aimants permanents.

20 Selon un autre mode de réalisation, lesdits moyens magnétiques comportent des électroaimants.

Pour certaines applications, lesdits moyens magnétiques sont agencés pour générer un champ magnétique variable.

25 Selon une première forme particulière de réalisation, ledit premier échangeur de chaleur comporte une enveloppe extérieure et des conduits intérieurs, les conduits intérieurs véhiculant ledit fluide caloporeur du circuit chaud et baignant dans le mélange de fluide porteur et de particules du circuit principal

30 et lesdits moyens magnétiques constituant l'enveloppe extérieure de l'échangeur de chaleur.

Selon une deuxième forme particulière de réalisation, ledit premier échangeur de chaleur comporte une enveloppe extérieure et des conduits intérieurs, ces conduits intérieurs véhiculant un fluide caloporteur du circuit chaud et baignant dans le mélange de fluide porteur et de particules du circuit principal

5 et lesdits moyens magnétiques constituant une partie de l'enveloppe extérieure de l'échangeur de chaleur, l'autre partie étant constituée d'une tubulure concentrique aux moyens magnétiques.

Selon une troisième forme particulière de réalisation, ledit premier échangeur

10 de chaleur comporte une enveloppe extérieure et des conduits intérieurs, lesdits conduits intérieurs véhiculant le mélange de fluide porteur et de particules du circuit principal et baignant dans un fluide caloporteur du circuit chaud, et lesdits moyens magnétiques constituant les parois des conduits intérieurs.

15

Selon une quatrième forme particulière de réalisation, ledit premier échangeur de chaleur comporte une enveloppe extérieure et des conduits intérieurs, lesdits conduits intérieurs véhiculant le mélange de fluide porteur et de particules du circuit principal et baignant dans un fluide caloporteur du circuit

20 chaud et lesdits moyens magnétiques constituant une partie des parois des conduits intérieurs de l'échangeur de chaleur, l'autre partie étant constituée de tubulures concentriques aux moyens magnétiques et disposées à l'intérieur de ces derniers.

25 Description sommaire des dessins

La présente invention et ses avantages apparaîtront mieux dans la description suivante de différents modes de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

30 la figure 1 représente une vue schématique d'une forme de réalisation avantageuse du dispositif selon l'invention, et

les figures 2A, 2B, 2C et 2D représentent des vues en coupe transversale de formes de construction particulières du premier échangeur de chaleur du dispositif de la figure 1.

5 Manière(s) de réaliser l'invention

En référence à la figure 1, le dispositif 10 représenté schématiquement comporte un premier échangeur de chaleur 11 monté en série avec un deuxième échangeur de chaleur 12 pour former un circuit principal 13 dans lequel circule par exemple un mélange constitué d'un fluide caloporteur et de particules d'au moins un matériau magnéto-calorique. Le premier échangeur de chaleur 11 est associé à des moyens magnétiques 14 agencés pour générer un champ magnétique dans ce premier échangeur de chaleur 11. Les parois de celui-ci sont définies de sorte qu'elles n'influent pas sur le champ magnétique généré et que ce champ magnétique soit de préférence 10 sensiblement identique à l'intérieur et à l'extérieur dudit premier échangeur de chaleur 11. Les moyens magnétiques 14 sont constitués soit d'aimants permanents, soit d'électroaimants ou de tout autre dispositif capable de créer un champ magnétique. Il est possible de prévoir des moyens magnétiques 14 générant un champ magnétique constant ou un champ magnétique variable. 15 Dans ce dernier cas il s'agit d'adapter le système aux applications envisagées. Les moyens magnétiques 14 sont disposés de sorte que le premier échangeur de chaleur 11 soit entièrement soumis au champ magnétique généré et le deuxième échangeur de chaleur est disposé de sorte qu'il soit situé hors de ce champ magnétique. A cet effet, n'importe quel 20 moyen d'isolation approprié peut être utilisé pour isoler magnétiquement le deuxième échangeur de chaleur 12.

Le dispositif 10 comporte un premier circuit dit "circuit chaud 15" dans lequel 30 on fait de préférence circuler un fluide caloporteur pour utiliser la chaleur produite par l'effet magnéto-calorique, ce premier circuit étant associé audit premier échangeur de chaleur 11. Il comporte également un deuxième circuit dit "circuit froid 16" dans lequel circule de préférence un fluide caloporteur

pour exploiter l'abaissement de la température lié à l'effet magnéto-calorique, ce deuxième circuit étant associé audit deuxième échangeur de chaleur 12.

Une pompe 17 est montée dans le circuit principal 13 pour faire circuler le  
5 mélange de fluide caloporteur et de particules à travers les échangeurs de chaleur 11 et 12. Le circuit chaud 15 et le circuit froid 16 sont des circuits utilisateurs classiques respectivement exploités pour le chauffage et le refroidissement d'un espace ou d'une enceinte selon les applications.

10 Le mélange circulant à travers le circuit principal 13 est par exemple constitué d'un mélange constitué d'un fluide caloporteur à l'état liquide ou à l'état gazeux ayant de préférence une haute conductivité thermique et de particules constituées soit d'un ou de plusieurs matériaux magnéto-caloriques, soit de matériaux à changement de phase, soit de matériaux supraconducteurs. Le  
15 fluide est appelé fluide porteur et véhicule des particules d'une ou de plusieurs natures différentes. En effet, les particules véhiculées par le fluide porteur peuvent être des mélanges de particules magnéto-caloriques et à changement de phase ou éventuellement supraconductrices. Le fluide porteur peut également être un nano-fluide ou une suspension ou tout autre fluide du  
20 type multifonctionnel. Les diverses structures possibles de ces particules seront décrites plus en détail ci-après.

Les particules peuvent avoir n'importe quelle forme et n'importe quelles dimensions. Elles peuvent être de même forme et de mêmes dimensions ou  
25 de formes et de dimensions différentes. Cependant, pour que le mélange présente de meilleures caractéristiques dynamiques, les particules sont de préférence de petite taille. Leur taille moyenne est préférentiellement comprise entre 10 et 1000 micromètres. Le mélange peut former un mélange homogène ou hétérogène. La proportion des particules dans le mélange est  
30 définie de sorte que celui-ci reste assez fluide pour circuler librement dans le circuit principal 13. A cet effet, cette proportion ne dépasse de préférence pas

40% de la masse du mélange et est de préférence comprise entre 15% et 40% de cette masse.

Le fonctionnement du dispositif 10 est basé sur le procédé dans lequel,

5 lorsque les moyens magnétiques 14 génèrent un champ magnétique dans le premier échangeur de chaleur 11, les particules situées dans ce premier échangeur de chaleur 11 se magnétisent et perdent leur entropie. De ce fait, elles subissent une élévation de température et la chaleur générée est transmise par échange de chaleur au fluide caloporteur dans lequel ces

10 particules sont en suspension. L'ensemble du mélange situé dans le premier échangeur de chaleur 11 soumis au champ magnétique subit donc une élévation de température. Ce fluide caloporteur réchauffé peut être utilisé dans le circuit d'utilisation 15 en vue d'une application quelconque.

15 En quittant le champ magnétique généré dans le premier échangeur de chaleur 11, les particules du mélange subissent une démagnétisation et se refroidissent. Le fluide caloporteur du mélange situé au voisinage de ces particules subit un refroidissement. L'ensemble du mélange sortant du champ magnétique subit un refroidissement. Le mélange refroidi entre dans le

20 deuxième échangeur de chaleur 12 et le froid ainsi produit peut être utilisé pour n'importe quelle application.

Le circuit principal 13 est pourvu d'un moyen de réglage (non représenté) du débit pour régler convenablement le débit du mélange à travers ce circuit. On obtient un fonctionnement optimal du dispositif 10 en choisissant des débits pour lesquels les particules ne subissent pas une sédimentation mais restent en suspension dans le mélange pour circuler à travers les premier et deuxième échangeurs de chaleur 11 et 12. Lorsque le dispositif 10 est destiné à des applications dans l'espace, le dispositif est en apesanteur et le mélange du circuit principal 13 n'est plus soumis aux contraintes d'écoulement. Leurs paramètres sont alors définis de manière à optimiser la génération du froid et de la chaleur.

En référence à la figure 2A, l'échangeur de chaleur 11 comporte une enveloppe extérieure 11a et des conduits intérieurs 11b disposés à l'intérieur de cette enveloppe extérieure. Les conduits intérieurs 11b véhiculent un fluide caloporteur 15a du circuit chaud et baignent dans le mélange de fluide porteur et de particules 13a du circuit principal 13. Dans cette réalisation, les moyens magnétiques 14 constituent l'enveloppe extérieure 11a de l'échangeur de chaleur 11.

5

10 En référence à la figure 2B, l'échangeur de chaleur 11 comporte une enveloppe extérieure 11a et des conduits intérieurs 11b disposés à l'intérieur de cette enveloppe extérieure. Les conduits intérieurs 11b véhiculent un fluide caloporteur 15a du circuit chaud et baignent dans le mélange de fluide porteur et de particules 13a du circuit principal 13. Dans cette réalisation, les moyens magnétiques 14 constituent la partie extérieure de l'enveloppe 11a de l'échangeur de chaleur, la partie intérieure de cette enveloppe étant constituée par une tubulure 11c concentrique aux moyens magnétiques 14.

15

20 En référence à la figure 2C, l'échangeur de chaleur 11 comporte une enveloppe extérieure 11a et des conduits intérieurs 11b disposés à l'intérieur de cette enveloppe extérieure. Les conduits intérieurs 11b véhiculent le mélange de fluide porteur et de particules 13a du circuit principal et baignent dans un fluide caloporteur 15a du circuit chaud. Les moyens magnétiques 14 constituent, dans cette réalisation, les parois des conduits intérieurs 11b.

25

25 En référence à la figure 2D, l'échangeur de chaleur 11 comporte une enveloppe extérieure 11a et des conduits intérieurs 11b disposés à l'intérieur de cette enveloppe extérieure. Les conduits intérieurs 11b véhiculent le mélange de fluide porteur et de particules 13a du circuit principal 13 et baignent dans un fluide caloporteur 15a du circuit chaud. Les moyens magnétiques 14 constituent, dans cette réalisation, la partie extérieure des parois des conduits intérieurs 11b de l'échangeur de chaleur 11, la partie

30

intérieure de ces conduits étant formée par des tubulures 11d, concentriques aux moyens magnétiques et disposées à l'intérieur de ces derniers.

Les particules de matériaux magnéto-caloriques, supraconducteurs ou à 5 changement de phase peuvent présenter des structures internes différentes. Dans le commerce, plusieurs matériaux magnéto-caloriques, supraconducteurs ou à changement de phase compatibles avec l'environnement et divers fluides caloporteurs non polluants sont disponibles et présentent les propriétés requises pour réaliser le procédé et le dispositif 10 de l'invention.

Le procédé et le dispositif selon l'invention peuvent être utilisés dans l'industrie, dans les restaurants, dans l'industrie alimentaire, dans les systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air, dans les 15 réfrigérateurs à usage domestique et les climatiseurs, dans les pompes à chaleur, dans les automobiles, les trains, les avions, les vaisseaux spatiaux, etc.

En outre plusieurs de ces dispositifs peuvent être montés en cascade pour 20 accroître l'efficacité d'une installation pour diverses utilisations.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de génération de froid et de chaleur par effet magnétique, caractérisé en ce que l'on fait circuler un mélange d'un fluide porteur 5 contenant des particules constituées d'au moins un matériau magnéto- calorique, ou un matériau à changement de phase, ou un matériau supraconducteur ou un mélange de tels matériaux dans un circuit principal (13) constitué d'un premier échangeur de chaleur (11) et d'un deuxième échangeur de chaleur (12) connectés en série, en ce que l'on génère un 10 champ magnétique dans ledit premier échangeur de chaleur (11) par des moyens magnétiques (14) associés à ce premier échangeur de chaleur (11), en ce que maintient le deuxième échangeur de chaleur (12) hors dudit champ magnétique, afin que lesdites particules subissent une élévation de température lorsqu'elles passent dans le champ magnétique 15 et qu'elles subissent un refroidissement lorsqu'elles quittent le champ magnétique, en ce que l'on extrait de la chaleur dudit premier échangeur de chaleur (11) au moyen d'un circuit chaud (15) et en ce que l'on extrait du froid dudit deuxième échangeur de chaleur (12) au moyen d'un circuit froid (16).  
20
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit fluide porteur est à l'état liquide ou à l'état gazeux.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit fluide porteur 25 est un liquide caloporteur.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit fluide porteur est un nano-fluide.
- 30 5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit fluide porteur est une suspension.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit fluide porteur est un fluide du type multifonctionnel.
7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites particules d'un matériau magnéto-calorique sont constituées d'un seul et même matériau.  
5
8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites particules ont une forme sensiblement sphérique et des dimensions moyennes comprises entre 10 µm et 1000 µm.  
10
9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites particules ont des formes et des dimensions différentes.
10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on isole le deuxième échangeur de chaleur (12) du champ magnétique généré dans le premier échangeur de chaleur (11).  
15
11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on fait circuler le mélange du circuit principal (13) et le fluide du circuit chaud (15) et/ou du circuit froid (16) dans des sens contraires, respectivement à travers ledit premier et ledit deuxième échangeur de chaleur (11, respectivement 12).  
20
12. Procédé de génération de froid et de chaleur par effet magnéto-calorique, caractérisé en ce que l'on fait circuler un mélange d'un fluide caloporeur et de particules constituées d'au moins un matériau supraconducteur dans un circuit principal (13) constitué par un premier échangeur de chaleur (11) connecté à un deuxième échangeur de chaleur (12), en ce que l'on génère un champ magnétique dans ledit premier échangeur de chaleur 25 (11) par des moyens magnétiques (14) associés à ce premier échangeur de chaleur (11), en ce que l'on fait circuler ledit mélange dans le deuxième échangeur de chaleur (12) situé hors dudit champ magnétique, afin que  
30

les particules de matériau supraconducteur subissent une élévation de température lorsqu'elles passent dans le champ magnétique pour chauffer ledit mélange dans ledit premier échangeur de chaleur (11) et qu'elles subissent un refroidissement lorsqu'elles quittent le champ magnétique pour refroidir ledit mélange dans ledit deuxième échangeur de chaleur (12), en ce que l'on extrait de la chaleur dudit premier échangeur de chaleur (11) au moyen d'au moins un circuit chaud (15) et en ce que l'on extrait du froid dudit deuxième échangeur de chaleur (12) au moyen d'au moins un circuit froid (16).

10

13. Dispositif pour générer du froid et de la chaleur par effet magnétique comportant au moins un échangeur de chaleur, caractérisé en ce qu'il comporte

- un circuit principal (13) constitué d'un premier échangeur de chaleur (11) et d'un deuxième échangeur de chaleur (12), connectés en série, dans lequel circule un mélange d'un fluide porteur contenant des particules constituées d'au moins un matériau magnéto-calorique, ou un matériau à changement de phase, ou un matériau supraconducteur ou un mélange de tels matériaux,
- des moyens magnétiques (14) agencés pour générer un champ magnétique dans ledit premier échangeur de chaleur (11) afin que les particules subissent une élévation de température lorsqu'elles passent dans ledit champ magnétique et qu'elles subissent un refroidissement lorsqu'elles quittent ce champ magnétique,
- un circuit froid (15) connecté audit premier échangeur de chaleur (11), et
- au moins un circuit froid (16) connecté audit deuxième échangeur de chaleur (12).

14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que lesdits moyens magnétiques (14) comportent des aimants permanents.

15. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que lesdits moyens magnétiques (14) comportent des électroaimants.

16. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que lesdits moyens magnétiques (14) sont agencés pour générer un champ magnétique variable.

17. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit premier échangeur de chaleur (11) comporte une enveloppe extérieure (11a) et des conduits intérieurs (11b), les conduits intérieurs véhiculant un fluide caloporteur (15a) du circuit chaud (15) et baignant dans le mélange de fluide porteur et de particules (13a) du circuit principal (13), et en ce que lesdits moyens magnétiques (14) constituent l'enveloppe extérieure (11a) de l'échangeur de chaleur (11).

15

18. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit premier échangeur de chaleur (11) comporte une enveloppe extérieure (11a) et des conduits intérieurs (11b), ces conduits intérieurs (11b) véhiculant un fluide caloporteur (15a) du circuit chaud (15) et baignant dans le mélange de fluide porteur et de particules (13a) du circuit principal (13), et en ce que lesdits moyens magnétiques (14) constituent une partie de l'enveloppe extérieure (11a) de l'échangeur de chaleur, l'autre partie étant constituée d'une tubulure (11c) concentrique auxdits moyens magnétiques (14).

25

19. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit premier échangeur de chaleur (11) comporte une enveloppe extérieure (11a) et des conduits intérieurs (11b), lesdits conduits intérieurs (11b) véhiculant le mélange de fluide porteur et de particules (13a) du circuit principal (13) et baignant dans un fluide caloporteur (15a) du circuit chaud (15), et en ce que lesdits moyens magnétiques (14) constituent les parois desdits conduits intérieurs (11b).

20. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que ledit premier échangeur de chaleur (11) comporte une enveloppe extérieure (11a) et des conduits intérieurs (11b), lesdits conduits intérieurs (11b) véhiculant le mélange de fluide porteur et de particules (13a) du circuit principal (13) et baignant dans un fluide caloporteur (15a) du circuit chaud (15), et en ce que lesdits moyens magnétiques (14) constituent une partie des parois des conduits intérieurs (11b) de l'échangeur de chaleur (11), l'autre partie étant constituée de tubulures (11d), concentriques aux moyens magnétiques (14) et disposés à l'intérieur de ces derniers.

1 / 1

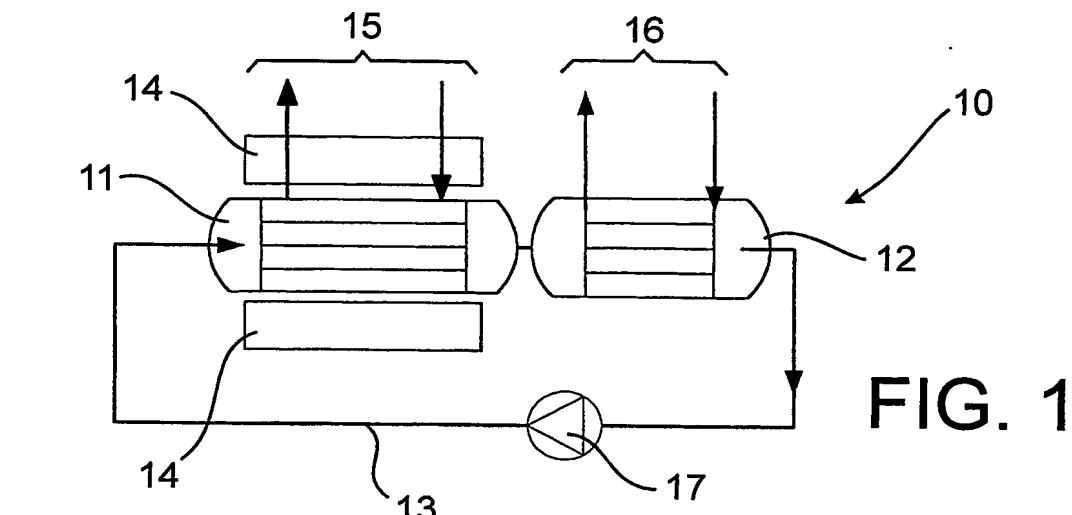


FIG. 1

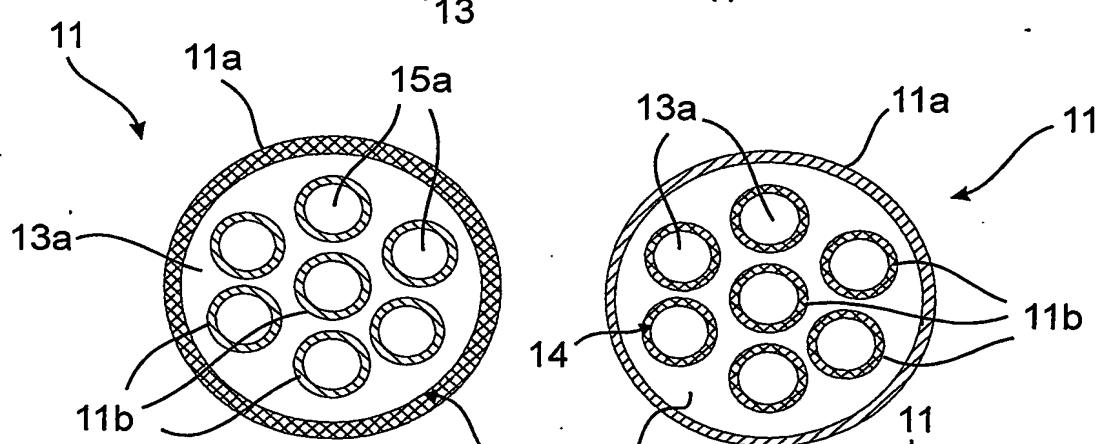


FIG. 2A

FIG. 2C

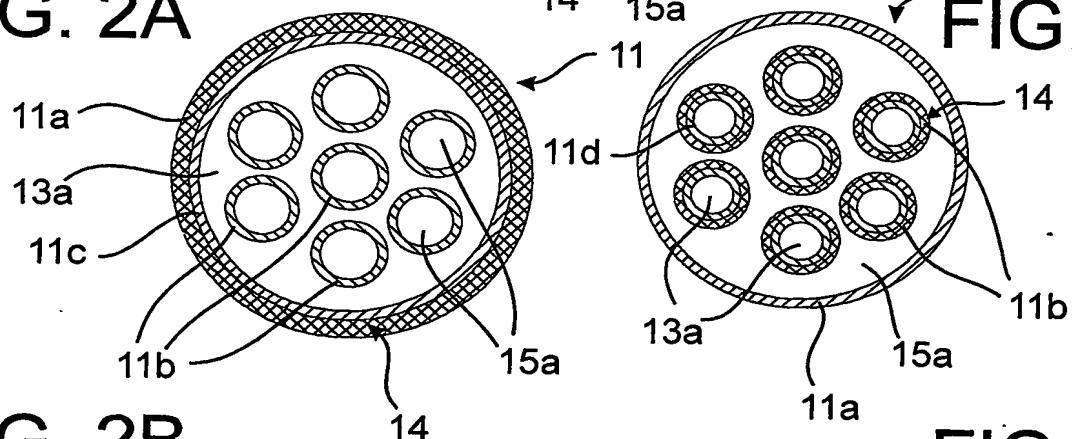


FIG. 2B

FIG. 2D

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/CH 03/00848

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F25B21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F25B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 970 866 A (MOKADAM RAGHUNATH G) 20 November 1990 (1990-11-20) abstract; figures 1,2 column 2, line 17 -column 3, line 40 column 4, line 34 - line 45 ---	1-20
X	US 5 231 834 A (BURNETT JAMES E) 3 August 1993 (1993-08-03) abstract; figure 1 column 2, line 54 - line 58 column 5, line 32 - line 40 column 5, line 57 -column 6, line 2 --- -/-	1-20

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- °A° document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- °E° earlier document but published on or after the international filing date
- °L° document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- °O° document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- °P° document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- °T° later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- °X° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- °Y° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- °&° document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 April 2004

Date of mailing of the international search report

29/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Yousufi, S

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/CH 03/00848

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 091 361 A (HED AHARON Z) 25 February 1992 (1992-02-25) abstract; figure 22 column 1, line 36 - line 38 column 3, line 10 - line 15 column 4, line 48 - line 54 column 8, line 12 - line 26 column 24, line 21 -column 25, line 21 ---	1,2,7,8, 12-15
A	PECHARSKY V K ET AL: "Effect of alloying on the giant magnetocaloric effect of Gd5(Si2Ge2)" JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, vol. 167, no. 3, 1 March 1997 (1997-03-01), pages 1179-1184, XP004092344 ISSN: 0304-8853 figures 4,5 page L183, paragraph 2 -page L184, paragraph 1 ---	1,12,13
A	US 6 221 275 B1 (EASTMAN JEFFREY A ET AL) 24 April 2001 (2001-04-24) abstract column 1, line 12 - line 18 -----	3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 03/00848

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4970866	A	20-11-1990	NONE	
US 5231834	A	03-08-1993	NONE	
US 5091361	A	25-02-1992	NONE	
US 6221275	B1	24-04-2001	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/CR 03/00848

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 F25B21/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 F25B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 970 866 A (MOKADAM RAGHUNATH G) 20 novembre 1990 (1990-11-20) abrégé; figures 1,2 colonne 2, ligne 17 -colonne 3, ligne 40 colonne 4, ligne 34 - ligne 45 ---	1-20
X	US 5 231 834 A (BURNETT JAMES E) 3 août 1993 (1993-08-03) abrégé; figure 1 colonne 2, ligne 54 - ligne 58 colonne 5, ligne 32 - ligne 40 colonne 5, ligne 57 -colonne 6, ligne 2 ---	1-20 -/-

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

22 avril 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

29/04/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Yousufi, S

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/CH 03/00848

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 091 361 A (HED AHARON Z) 25 février 1992 (1992-02-25) abrégé; figure 22 colonne 1, ligne 36 - ligne 38 colonne 3, ligne 10 - ligne 15 colonne 4, ligne 48 - ligne 54 colonne 8, ligne 12 - ligne 26 colonne 24, ligne 21 -colonne 25, ligne 21 -----	1,2,7,8, 12-15
A	PECHARSKY V K ET AL: "Effect of alloying on the giant magnetocaloric effect of Gd5(Si <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> )" JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, NL, vol. 167, no. 3, 1 mars 1997 (1997-03-01), pages 1179-1184, XP004092344 ISSN: 0304-8853 figures 4,5 page L183, alinéa 2 -page L184, alinéa 1 -----	1,12,13
A	US 6 221 275 B1 (EASTMAN JEFFREY A ET AL) 24 avril 2001 (2001-04-24) abrégé colonne 1, ligne 12 - ligne 18 -----	3

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No  
PCT/CA 03/00848

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4970866	A 20-11-1990	AUCUN	
US 5231834	A 03-08-1993	AUCUN	
US 5091361	A 25-02-1992	AUCUN	
US 6221275	B1 24-04-2001	AUCUN	